

El diseño de planta industrial basado en la fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y compromiso medio-ambiental: Estudio casos en industria alimentaria.

F.J. Cárcel Carrasco*; C. Roldán Porta*; J. Grau Carrión**; C. A. Mariottoni***

**Universidad Politécnica de Valencia; email: fracarc1@csa.upv.es*

***Director ingeniería grupo Martínez Loriente SA; email: jgrau@martinezlorient.com*

****UNICAMP - State University of Campinas – Brazil; email: cam@fec.unicamp.br*

Abstract

The internal policies of a company taken at any given time, can affect a decisively their success or failure in a medium or long term. When it comes to build a new industrial plant, will affect the decisions taken at the first moment clonic way (reliability of facilities and equipment, reducing time stops, energy efficiency, environmental measures). This article presents a case study, where processes and key decisions, that proposed by the own management of engineering and maintenance, and supported by the Presidency and overall direction of the company, have made the factories for the production of meat products from Martínez Loriente S.A., a benchmark for the industry in generalbeing today one of the first companies at national and European level in their sector.

Keywords: Industrial plant;industrial maintenance;energy efficiency;environmental management

Resumen

Cuando se trata de construir una nueva planta industrial, afectará de manera clónica las decisiones tomadas en el primer momento (Fiabilidad de las instalaciones y equipamiento, reducción tiempos paradas, eficiencia energética, acciones medioambientales). En este artículo se presenta un estudio de casos, donde los procesos y decisiones claves, que propuestas por la propia dirección de ingeniería y mantenimiento, y apoyadas por la presidencia y dirección general de la empresa, han hecho de las factorías para la producción de productos cárnicos de la empresa Martínez Loriente S.A., un referente para toda la industria en general, siendo en la actualidad una de las primeras empresas en el ámbito nacional y europeo en su sector.

Palabras clave: Planta industrial;Mantenimiento industrial;Eficiencia energética;Gestión medioambiental

1. Introducción

El sector industrial agro-alimentario, en continua transformación, orientado hacia acciones de calidad, economía en la producción y aceptación del cliente final, plantea retos que pueden ser considerados de mayor incidencia que en otros procesos de otros tipos de industrias manufactureras. Cuando se plantea un proceso de construir nuevas plantas industriales con el fin de aumentar el nivel de producción o servicio, las decisiones tomadas, marcan en medio y largo plazo la trayectoria de la empresa. En este artículo, se presentan las instalaciones, experiencias y decisiones tomadas, propuestas por la propia dirección de ingeniería y mantenimiento de la compañía, y apoyadas por el presidente y la dirección general de la empresa, en la implantación de un complejo industrial propiedad de Martínez Loriente SA., orientado hacia la adecuada explotación y mantenimiento con un compromiso

fundamental en la consecución de la eficiencia operativa, energética y respeto medioambiental.

2. Análisis de principios

El planteamiento de un nuevo proyecto industrial, debe tener como fin, marcar las condiciones físicas y económicas para la consecución del producto requerido. Es vital el conseguir un alto componente de disponibilidad, misión que debe ser seguida por las operaciones de mantenimiento. Que el mantenimiento industrial es una actividad estratégica dentro de los órganos tácticos de las empresas, es ampliamente aceptado por todos los órganos de gestión empresarial, aunque en muchas ocasiones olvidado o relegado a una segunda posición, o como un "coste económico" a asumir por los órganos de dirección (González, 2005, Tavares, 2004).

Toda planta industrial debería ser la fusión perfecta entre el Hombre y la Máquina, trabajando así como uno, donde la función principal del hombre es la obtención del mayor rendimiento de las Máquinas e instalaciones, y con cultura corporativa hacia el mantenimiento (Eti et al., 2006c), desarrollando los adecuados planes de mantenimiento, con adecuada eficiencia y reducción de costos (Eti et al., 2006a, 2006b, 2006d; Komonen, 2002; López et al., 2005; Emblemsuag et al., 2003).

La distribución de la planta se orienta normalmente al proceso o al producto, teniendo además un buen criterio de distribución.

Para la obtención de un buen proceso productivo se deben aplicar métodos de ingeniería, con una evaluación constante para ver la reacción del personal con respecto a la aplicación del mismo.

Las afirmaciones sobre Desarrollo Sustentable hablan de acciones que debemos "tomar en cuenta" (Medio ambiente) como un reto hacia la protección de nuestro entorno, pero de esto surge una pregunta ¿Por qué afirmamos como un nuevo reto algo que debió ser obvio? (Vallaey, 2007).

La conciencia ecológica busca establecer un vínculo entre el medio ambiente y el individuo, cuyo propósito es que este último procure el bienestar y equilibrio entre ambas partes, ya que finalmente este será el más beneficiado (Corral, 2007), y en el caso de una conciencia medio-ambiental de una empresa, el conseguir la optimización con el respeto ecológico en sus propias plantas industriales.

Es por lo anterior que la tendencia industrial actual se ha esforzado en lograr que las instalaciones de producción sean cada vez más eficientes (Amorós, 2003), con la máxima disponibilidad posible (Ogaji et al., 2002), distribuyendo a los departamentos de tal manera que influyan positivamente en la forma en la que la planta opera (Sule, 2001).

Los objetivos comúnmente más relevantes que se buscan con la distribución de planta son (Arnoletto, 2007):

- Determinación del equipo, instalaciones y las herramientas para llevar a cabo el proceso productivo.
- Diseño del layout de la planta.
- Distribución de departamentos.
- Disposición de Maquinaria e instalaciones.
- Garantizar la seguridad de los trabajadores.
- Estimación de los costos de inversión por conceptos del equipo y materia prima.

La planta puede ser distribuida de acuerdo a las necesidades de la misma integrando la fiabilidad y la disponibilidad requerida (Eti et al., 2007), teniendo como resultado diferentes tipos de distribución, como lo son la distribución orientada al producto, al proyecto, al

proceso, la distribución para oficinas, almacenes o las híbridas. (Jiménez, 2001). Sin embargo, las empresas deben implementar distribuciones flexibles, es decir, aquellas que les permitan una adaptación a cambios tecnológico y productivos, capaces de incorporar las características de las distribuciones básicas. (Baca, 2001). Finalmente, lo importante en una distribución es que esta satisfaga las necesidades básicas de una empresa, que son el flujo continuo de información y de materiales, ambos de una manera sencilla y fácil. (Félix, 2002).

Partiendo de la experiencia de Martínez Lorient S.A., en la ejecución de sus nuevas factorías, y teniendo en cuenta las consideraciones generales para el adecuado proyecto del proceso productivo, y una filosofía de calidad total basada en los círculos de Deming, donde se apuntaron como principios fundamentales del diseño e implantación de sus instalaciones los siguientes:

- Diseño basado en la fiabilidad.
- Diseño basado en la Mantenibilidad.
- Diseño basado en la eficiencia energética y energías alternativas.
- Diseño basado en el respeto medio ambiental.
- Diseño basado en la información y la gestión del conocimiento.

3. Las instalaciones y los procesos en el diseño y ejecución.

En la industria cárnica los parámetros de calidad necesarios son amplios y en continua superación, con continua evaluación de la demanda energética (Alcazar et al., 2012; Qoaider et al., 2010). Es lógico que en el planteamiento del diseño de una nueva factoría (Figura 1), dichos valores quieran estar implícitos desde un inicio. Una fase del comienzo del éxito es amplificar la sinergia entre los grupos intervinientes: Ingeniería, empresas instaladoras y montadoras, y sobre todo, el propio conocimiento de la organización (que son los que de verdad saben que quieren, necesitan, y cómo operan), y que fomentan la colaboración y optimizan la cadena de suministro en la ejecución (Whipple et al., 2007), permitiendo una mejora en la comunicación e intercambio de información (Carr et al., 2007).

Figura 1: Implantación de nuevas factorías de Martínez Lorient S.A. Fuente: elaboración propia.



En base a ello, se partió con el diseño del propio polígono industrial donde estarían ubicadas las factorías, el entorno de respeto medio-ambiental requerido, y las pautas de suministro energético y de fluidos, basado en la fiabilidad total en la calidad del suministro.

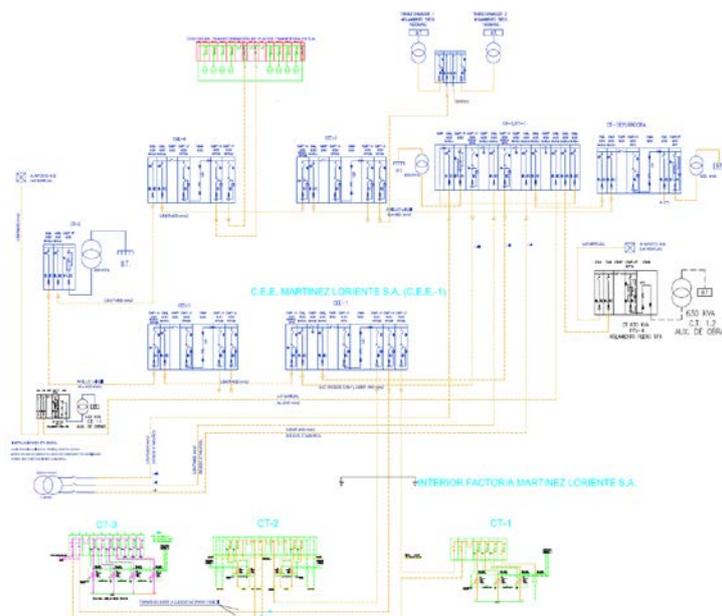
La segunda fase consistió en el propio diseño de las factorías y sus instalaciones con los criterios basados en el apartado anterior, en un entorno de fiabilidad total, mantenibilidad y operación ágil y estructurada, respeto medio-ambiental y máxima eficiencia energética, así como la consideración de los mecanismos para la captación de la información útil y con ello la adecuada gestión del conocimiento.

3.1. El Diseño basado en la fiabilidad.

La fiabilidad es el recurso fundamental para conseguir la optimización de los equipos productivos e instalaciones y minimizar el número y tipo de fallos que puedan producir el paro en la producción.

Se partió, con los criterios siguientes en referencia a la energía eléctrica, que conllevo al desarrollo de los proyectos de distribución eléctrica (Figura 2):

Figura 2: Esquemas implantación redes alta tensión y centros de transformación para abastecimiento energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia.



- Suministros redundantes desde la propia subestación, con disponibilidad de potencia hasta 35.000 kW.
- Posibilidad de suministro alternativo desde distintas subestaciones, evaluando el costo y la fiabilidad (Tianqing et al., 2009), con un modelo optimizado optimo a las exigencias del servicio (Chee et al., 2012).
- Centros de entrega redundantes en la propia urbanización.
- Sistemas teledirigidos remotos de control y conmutación de redes, automáticos, para la utilización ante acciones críticas.

De igual manera dentro de la propia distribución interior de la factoría, algunas de las decisiones importantes para el aumento de dicha fiabilidad en el conjunto de las instalaciones y servicios fueron las siguientes:

a) Aumento de la fiabilidad eléctrica:

Con una potencia instalada superior a los 25000 Kw, la distribución interior está formada por 16 transformadores secos de 1250 kVA cada uno, centralizados en tres centros de transformación independientes, con un diseño basado en los centros de gravedad de las cargas. Algunas de las características generales tomadas son:

- Sistemas redundantes en las instalaciones eléctricas de media tensión (20 kV), tanto a nivel de líneas como transformadores de potencia, como la redundancia en las redes principales de BT (400/230V).
- Sustitución de los cables de potencia de BT por canalizaciones electrificadas prefabricadas (Figura 3A), con el fin de reducir la probabilidad de fallo por dichos componentes y capacidad de carga en un momento dado.

- Cuadros eléctricos de potencia tipo OKKEN, con interruptores de potencia extraíbles, con el fin de prever de una manera rápida y eficaz, posibles sustituciones sin afectar a la producción.

-Sistemas de alimentación ininterrumpida mediante SAIs dinámicos (Volantes de inercia).

-Sistema de monitorizado y control de la distribución eléctrica. Control de las instalaciones de iluminación.

b) Aumento de la fiabilidad térmica, frío industrial y distribución de agua:

-Sistemas térmicos (agua y vapor)

Con una potencia térmica instalada para servicio de agua caliente y producción de vapor de 15200 Kw, formada por 4 calderas con regulación de necesidades térmicas (Figura 3B), da servicio a las necesidades de agua caliente y vapor para las actividades de producción, con un diseño basado en la optimización energética y necesidades puntuales.

Figura 3:A) Detalle sistema de canalización electrificada y transformadores secos .B) Detalle de sala técnica térmica de calderas, diseñada para las correctas funciones de mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.



-Sistemas redundantes distribución de agua

Sistemas de impulsión de agua sanitaria, de limpieza, osmotizada, formada por 2 plantas de ósmosis, con control informatizado centralizado, y sistemas con regulador por variador para conseguir presiones constante y alto nivel de eficiencia energética. Además de la redundancia en los sistemas de bombeo, se ha ejecutado sistemas anillados en la distribución, con múltiples válvulas de bypass (posibilidad de otras vías de suministro, maniobras y mantenimiento).

-Sistemas de frío industrial

Sistema combinado de refrigeración industrial mediante compresores de amoníaco y de CO2, con ciclo de eficiencia energética con recuperación de calor. Con una potencia frigorífica instalada de 17660 kW, formada por 11 compresores con regulación automática de necesidades frigoríficas, da servicio a las necesidades de producción y almacenamiento de cámaras frigoríficas, con un diseño basado en la optimización energética y necesidades puntuales. Con capacidad de reserva para sustituciones, paradas y acciones de mantenimiento.

3.2. El Diseño basado en la Mantenibilidad.

Uno de los pilares básicos de la disponibilidad es la mantenibilidad. Es por ello que fue uno de los criterios fundamentales en el diseño de la planta industrial: Conseguir los requerimientos necesarios para un mantenimiento eficiente, ágil, y económico para la máxima disponibilidad operacional (Oke, 2005), con los mejores modelos y herramientas para la evaluación de su costo (Leung et al., 2003; Mirghani, 2003).

Las opciones para ello fueron:

- La normalización y homogenización del mayor número de equipos y componentes utilizados en las instalaciones industriales.
- La aplicación de tácticas de mantenimiento, basadas desde la base con un TPM (Mantenimiento productivo total) en los niveles de producción, con la incorporación de mecánicos productivos, hasta los requisitos de un mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM) utilizado en los equipos e instalaciones más avanzadas y críticas, con incorporación de técnicas de gestión del conocimiento como elementos de auto-aprendizaje y decisión, para la reducción de tiempos de actuación ante averías o fallos cíclicos y no cíclicos (Figura 4).

Figura 4. Principios de mantenimiento en las factorías de Martínez Loriente S.A. Fuente: Elaboración propia.



-El diseño de las salas técnicas, patinillos y posibles zonas de actuación de mantenimiento, con criterios de espacio suficiente, y acceso practicable en cualquier momento, que posibilite con facilidad y agilidad posibles sustituciones y maniobras comunes de mantenimiento (Figura 5A). Este aspecto, normalmente olvidado en los diseños, es vital para la futura operación, rentabilidad en operación y eficiencia en las actividades ante fallos o mantenimientos rutinarios.

3.3. El Diseño basado en la eficiencia energética y energías alternativas.

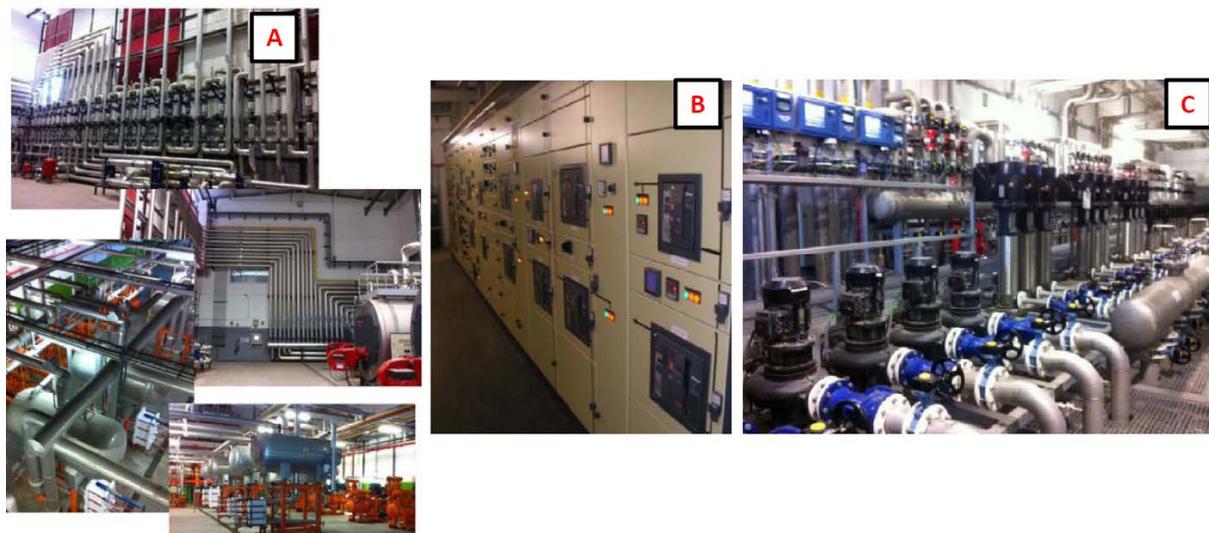
Una determinación fundamental del presidente de la compañía y apoyada por la dirección general de la empresa y el director de ingeniería, fue el diseño basado en la máxima eficiencia energética y el uso de energías alternativas, uno de los aspectos tácticos y económicos que deben estar presente en todas las organizaciones de mantenimiento (Cárcel, 2010).

De entre los muchos criterios utilizados y ejecutados, se podrían destacar:

- Control centralizado e informatizado, de la instalación eléctrica y control instantáneo de consumos generales y locales, con implantación de sistemas de medición en todas las líneas generales en los cuadros diseñados (Figura 5B).
- Control informatizado de los sistemas de iluminación de toda la factoría y su sectorización a distancia, y de manera local mediante sectorizaciones parciales (sólo en marcha con tarjeta acceso). Todo el sistema de iluminación interior fluorescente dispone de sistema de regulación de flujo, para mayor optimización en uso y mayor vida operativa de las lámparas.
- Implantación en diseño y ejecución de variadores de velocidad con control electrónico en sistemas de bombeo y distribución de fluidos (Figura 5C), con el fin de optimizar la eficiencia

energética, regulación fina de presiones y caudales, menor desgaste del equipamiento y por consiguiente reducción de los coste de mantenimiento y aumento de la vida útil.

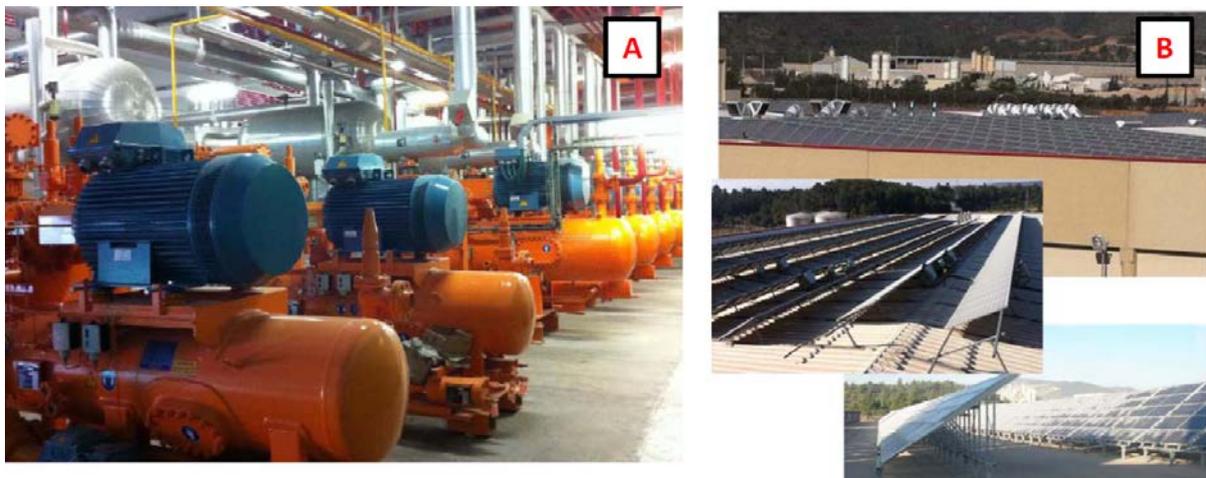
Figura 5: A) Detalle de salas técnicas. B) Detalle de sistemas de control y seguimiento en cuadros generales. C) Detalle de salas fluidos, con sistemas de regulación mediante variadores electrónicos. Fuente: Elaboración propia.



-En los sistemas de refrigeración industrial (Figura 6A), uno de los recursos principales de la factoría, con el fin de aumentar la eficiencia energética y fiabilidad del sistema, se instaló un sistema combinado de refrigeración industrial mediante compresores de amoníaco y de CO₂, con ciclo de eficiencia energética con recuperación de calor. Con la recuperación de calor se consigue aprovechar la descarga de los compresores de amoníaco que es de 70°C y pasarla por un intercambiador de amoníaco/agua, que por seguridad se vuelve a pasar por otro intercambiador agua/agua, consiguiendo que esa energía residual sea aprovechada para que el agua que nos llega de la red de distribución a 15° (por ejemplo) se caliente a unos 30°, este aumento de 15°, además de conseguir ahorro energético, ayuda a la condensación del amoníaco ahorrando energía en las torres de condensación. Así mismo todos los compresores están dotados de variadores electrónicos de velocidad para optimizar sus prestaciones y maximizar la eficiencia energética.

-En la apuesta por la utilización de energías alternativas, se procedió al diseño de una instalación fotovoltaica integrada en la zona industrial con potencia dentro de la factoría de 1.200 KW (400 kW en suelo y 800 kW sobre techos) (Figura 6B). Esto confiere un aporte fundamental de energía solar, además de conseguir otros aspectos tales como uniformidad en la autonomía de la energía eléctrica suministrada (Estabiliza las caídas de tensión y la calidad de la energía eléctrica proveniente de las subestaciones).

Figura 6: A) Detalle de sala técnica de refrigeración industrial. B) Detalle de sistemas fotovoltaicos instalados en suelo y sobre techo. Fuente: Elaboración propia.



3.4. El Diseño basado en el respeto medio ambiental.

Otros de los principios fundamentales, marcados por la dirección de ingeniería, fue el respeto medio-ambiental, no sólo en lo realmente obligatorio por normativas sectoriales, sino el adoptar las mayores medidas adicionales, que hicieran del proyecto una factoría totalmente respetuosa con el medio-ambiente. Algunas de las medidas adoptadas:

-Una primera fase fue el conseguir una Autorización Ambiental Integrada del complejo industrial de Martínez Loriente S.A., construyendo una depuradora de última generación, con capacidad de tratamiento de 2000m³/día y una carga de 66.700 habitantes equivalentes (h.e.).

Para mayor aprovechamiento de las aguas residuales, esta una vez depurada en óptimas condiciones, es subida mediante unas estaciones de bombeo a un lago artificial que se tiene en la zona de la entrada al polígono (Figura 7A), desde esa agua, además de hacer una función ornamental, es utilizada para la utilización de riego de toda la jardinería del complejo industrial.

-Aprovechamiento aguas pluviales, del interior de la factoría, con autorización de Confederación Hidrográfica del Júcar. Para ello se construyó una red de recogida de pluviales, habilitándose un pozo de bombeo y tres depósitos de 1000m³ cada uno para almacenar el agua de lluvia (Figura 7B). Dichos depósitos tienen un sistema de control y ajuste de hipoclorito para mantener el agua en condiciones óptimas. Los usos fundamentales de esa agua son:

1. Producción de agua descalcificada para la refrigeración de los condensadores evaporativos (torres de refrigeración)
2. Suministro de agua para baldeos y limpieza de exteriores, y riego de la jardinería interior de la parcela
3. Limpieza de placas solares.
4. Abastecimiento a la fuente ornamental existente en la parcela

-Instalación industrial, libre de baterías para los sistemas de alimentación ininterrumpida, que son del tipo dinámico con volantes de inercia (Figura 7C).

-Todos los transformadores se han considerado de tipo seco, para evitar el tratamiento y toxicidad de los aceites.

Figura 7: A) Detalle de lago artificial: misión mejora depuración, ornamental y aprovechamiento para riego. B) Detalle de depósitos de almacenamiento de aguas pluviales. C) Detalle de sistema de alimentación ininterrumpida dinámica. Fuente: Elaboración propia.



3.5. El Diseño basado en la información y la gestión del conocimiento.

La información y datos es esencia vital para la funcionalidad óptima de los servicios de mantenimiento. En instalaciones complejas, se precisa la recolección de datos, con el fin de adecuar los programas de mantenimiento (Figura 8A), control y operación de instalaciones y seguimiento de paradas o fallos.

Es por ello incidir, desde la propia definición del proyecto, una tendencia en las actividades de mantenimiento para la adaptación de los procesos de gestión del conocimiento, integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento (Nonaka et al., 1999), dado que por el propio desempeño de dicha actividad táctica, puede considerarse este, en un enfoque kantiano en el cual interactúan personas, instalaciones y entorno (figura 8B), en el cual deben ser estudiadas todas las variables en conjunto.

Consecuencia de ello y como fase fundamental es la captación adecuada de información, para un posterior procesamiento y tratamiento, generador del conocimiento propio en la organización y herramienta fundamental de mantenimiento, integrando la información útil y estratégica del servicio (Uusipaavalniemi et al, 2009; Bagchi et al, 2009), mejorando la cadena del servicio a prestar (Bailey et al., 2008).

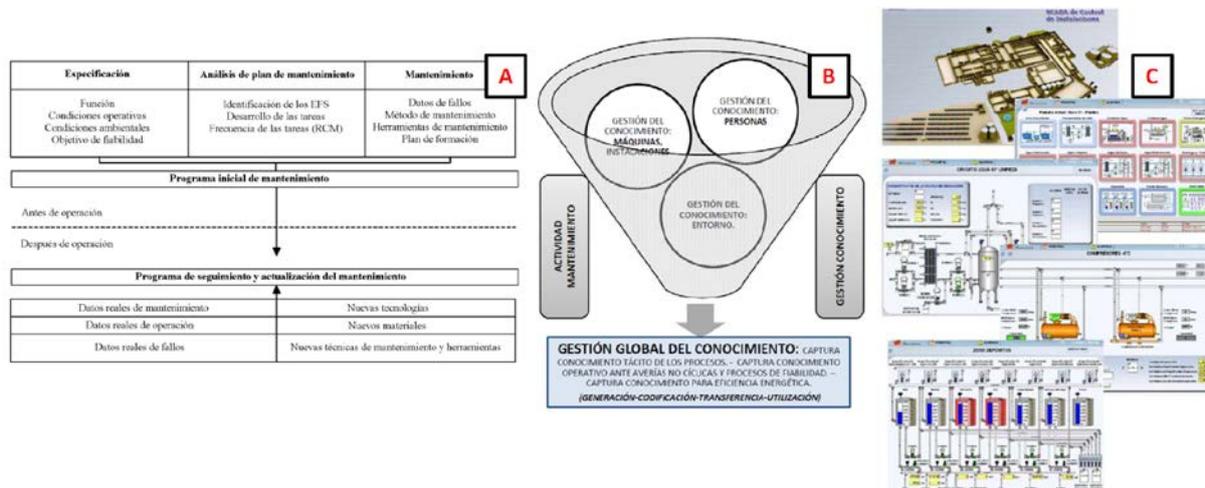
Se ha desarrollado e implementado un modelo de gestión del conocimiento para la actividad de mantenimiento, con la captación del conocimiento tácito estratégico de los técnicos y operarios, así como la captura y gestión de información técnica de las instalaciones y equipamiento (Figura 8C), para el control, visualización, obtención de datos operativos y registro de fallos, que permite tener controlado todos los parámetros fundamentales de las instalaciones y equipos, que optimizan el control de la fiabilidad de las instalaciones, la previsión de los programas de mantenimiento, así como un control y optimización de la eficiencia energética, demostrando que la aplicación de modelos de gestión del conocimiento dentro de los departamento de mantenimiento de la empresa, permite optimizar los procesos y mejorar la disponibilidad del servicio y mejores resultados económicos para la empresa.

Dentro de las actividades internas de la empresa industrial, el mantenimiento necesita conocimientos técnicos profundos, alta experiencia en su personal y tradicionalmente ha sido la estructura dentro de la empresa donde existe mayor componente de conocimiento tácito (Cárcel, 2010). Dado que sus funciones afectan directamente a la fiabilidad de los sistemas e instalaciones (Sols, 2000), eliminación de paradas no deseadas y actuación ante procesos críticos, se ve la necesidad de la adecuada gestión de dicha información/conocimiento dado que puede tener un gran valor estratégico para la empresa.

Aunque según las encuestas sectoriales, normalmente (AEM, 2010), los servicios técnicos de mantenimiento de la mayoría de las empresas, dedican poca inversión al conocimiento y

desarrollo de dicha actividad, en el caso de Martínez Loriente S.A., se ha realizado una apuesta con un compromiso con la investigación y desarrollo en las áreas técnicas de mantenimiento, con convenio con la Universidad Politécnica de Valencia para el desarrollo y mejora de los servicios de explotación y mantenimiento, buscando de esta manera, una profundización y mejora en dichas actividades.

Figura 8: A) Evolución de un programa dinámico de mantenimiento RCM, e información requerida. Fuente: UNE-EN20001-3-11, 2003. B) Enfoque kantiano de la actividad de mantenimiento. C) Detalle del sistema de captura y gestión de la información técnica Scada de Martínez Loriente S.A. Fuente: Elaboración propia.



4. Conclusiones

Se han descrito los principios generales de una implantación de nueva planta industrial, donde decisiones y consideraciones tomadas en un primer momento por la concienciación y decisión de una dirección general, con criterios de calidad, eficiencia y miras a medio plazo, han conseguido una implantación industrial que marca un referente en la industria alimentaria.

Basados en unos principios fundamentales tales como Diseño basado en la fiabilidad, Mantenibilidad, eficiencia energética y energías alternativas, el respeto medio ambiental y el diseño basado en la información y la gestión del conocimiento, se ha conseguido, una industria, que cumpliendo todas las expectativas de producción (requisito fundamental en cualquier planta industrial), ha ido un paso más, cumpliendo las condiciones de mantenibilidad eficaz en el futuro, junto con un respeto ecológico.

La sinergia con los órganos intervinientes en la ejecución de la planta industrial unido a la determinación y el compromiso de la dirección de ingeniería de la propia empresa, han sido determinantes para conseguir, a un nivel de inversión y costes adecuados, conseguir una planta con capacidad de mejora y rentabilidad económica, control de la información y el conocimiento, para las funciones futuras de explotación y mantenimiento que se deben cumplir.

Dado que el conocimiento es la base de la competitividad de la industria en el siglo XXI, se tiene un compromiso con la investigación y desarrollo en las áreas técnicas de mantenimiento (algo poco común en la industria en general), teniendo desde el año 2010 un convenio con la Universidad Politécnica de Valencia para el desarrollo y mejora de los servicios de explotación y mantenimiento, buscando de esta manera, un paso adelante, que es lo que marca a una empresa de primer nivel.

Se ha conseguido una planta industrial donde los sistemas técnicos de gestión de mantenimiento buscan superar metas de productividad, mejorando la implantación y las

políticas basadas en los cálculos de la fiabilidad de diseño, buscando la eficacia global atendiendo a la operativa, desarrollando una filosofía de la utilidad y la necesidad, tanto a nivel de procesos (de gestión u operativos) como de conocimiento sustantivo, presente en el comportamiento humano (Mc. Cormick, 2005). Se unen los principios del mantenimiento, con el factor energético (tanto de equipamiento e infraestructuras como del conjunto del sistema), con el fin de monitorizar el ratio de eficiencia energética, reducir los costes de mantenimiento, incrementar la fiabilidad técnica en los sistemas estratégicos de la industria y aumentar el ciclo de vida del equipamiento, con el respeto medio-ambiental. La empresa tratada en el presente caso ha recibido numerosos premios a la excelencia, destacando el reconocimiento con la obtención del primer premio a la excelencia a la mejor industria española y segunda europea, durante el año 2009.

5. Referencias

- AEM, (2010). Asociación española de mantenimiento;. "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.
- Alcázar, M; Álvarez, C.; Escrivá, G.; Domijan, A. (2012). Evaluation and assessment of demand response potential applied to the meat industry. *Applied Energy* 92 (2012). pp 84–91.
- Amorós, E. (2003). Diseño del lugar de trabajo. Lima: USAT.
- Arnoletto, E. (2007). Administración de la producción como ventaja competitiva. Argentina: Eumed.
- Baca, G. (2001). Evaluación de proyectos. México: McGraw-Hill.
- Bagchi, P.; Skjoett-Larsen, T. (2003). Integration of information technology and organizations in a supply chain. *The International Journal of Logistics Management*. Vol. 14 No. 1, pp. 89-108.
- Bailey, K.; Francis, M. (2008). Managing information flows for improved value chain performance. *International Journal of Production Economics*. Vol. 111 No. 1, pp. 2-12.
- Cárcel Carrasco, F.J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.
- Carr, A.; Kaynak, H. (2007). Communication methods, information sharing, supplier development and performance: an empirical study of their relationships. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 27 No. 4, pp. 346-70.
- Chee, A.; Bañares, R. (2012). A knowledge representation model for the optimisation of electricity generation mixes. *Applied Energy* (2012). Available online.
- Corral A., Isusi, I., Peinado E. y Pérez, T. (2007). La responsabilidad Social y medio ambiental en la empresa Latinoamericana. México: Banco Internacional de Desarrollo.
- Emblemsuag, J.; Tønning, L. (2003). Decision support in selecting maintenance organization. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 9 No. 1, pp. 11-24.
- Eti , M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006a). Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture. *Applied Energy*. 83 (2006). pp 1235–1248.
- Eti , M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006b). Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries. *Applied Energy* 83 (2006). pp. 1163–1179.
- Eti , M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006c). Impact of corporate culture on plant maintenance in the Nigerian electric-power industry. *Applied Energy* 83 (2006). pp. 299–310.
- Eti , M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006d). Strategic maintenance-management in Nigerian industries. *Applied Energy* 83 (2006). pp.211–227.
- Eti , M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2007). Integrating reliability, availability, maintainability and supportability with risk analysis for improved operation of the Afam thermal power-station. *Applied Energy* 84 (2007) 202–221.
- Félix, O. (2002). Introducción a la producción. Madrid: Universidad Politécnica de Coruña.

- González, F.J. (2005); Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Fundación confemetal. Madrid.
- Jiménez, P. (2001). El diseño del proceso. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Komonen, K. (2002). "A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking", *International Journal of Production Economics*, Vol. 79 No. 1, pp. 15-31.
- Leung, K.; Lai, K. (2003). A case study on maintenance of bus engines using the sequential method. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 20No. 1, pp. 255-67.
- Lopez, P.; Centeno, G. (2005). Integrated system to maximize efficiency in transit maintenance departments. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 55 No. 8, 2006. pp. 638-654.
- Mc. Cormick, E. (2005). Factores humanos en ingeniería y diseño. Colombia: Gustavo Gili S.A.
- Mirghani, M.A. (2003), "Application and implementation issues of a framework for costing planned maintenance", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9 No. 4, pp. 436-49.
- Moubray, J., (1991). "Reliability-Centered Maintenance", Butterworth-Heinemann, Oxford (1991).
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1999). *La Organización Creadora de Conocimiento*. Oxford. México.
- Ogaji, S.; Sampath, S.; Singh, R.; Probert, D. (2002). Novel approach for improving power-plant availability using advanced engine diagnostics. *Applied Energy* 72 (2002). pp. 389-407.
- Oke, S. (2005). An analytical model for the optimisation of maintenance profitability. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 54 No. 2, 2005. pp. 113-136.
- Qoaidar, L.; Steinbrecht, D. (2010). Photovoltaic systems: A cost competitive option to supply energy to off-grid agricultural communities in arid regions. *Applied Energy* 87 (2010). pp 427-435.
- Sols, A. (2000). *Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad, un enfoque sistémico*. Comillas, Madrid.
- Sule, D. (2001). *Instalaciones de manufactura: Ubicación, planeación y diseño*. México: Thomson Learning.
- Tavares L. (2004). *Administración moderna de Mantenimiento*. Editorial Interamericana S.A.
- Tianqing, S.; Xiaohua, W.; Xianguo, M. (2009). Relationship between the economic cost and the reliability of the electric power supply system in city: A case in Shanghai of China. *Applied Energy* 86 (2009). PP 2262-2267.
- Uusipaavalniemi, S.; Juga, J. (2009). Information integration in maintenance services. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 58 No. 1, 2009. pp. 92-110.
- Vallaey, F. (2007). *Responsabilidad social universitaria. Programa para la formación en humanidades*. México: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- Whipple, J.; Russell, D. (2007). Building supply chain collaboration: a typology of collaborative approaches. *The International Journal of Logistics Management*. Vol. 18 No. 2, pp. 174-96.